补饲发酵芦笋下脚料对母猪和哺乳仔猪血清抗氧化能力、免疫功能和炎性因子含量的影响

赖　涛[1]　文　红[2*]　石显亮[1]　李玲玉[1]　何余湧[1]　陆　伟[1**]

（1.江西农业大学，江西省动物营养重点实验室，南昌 330045；2.江西省饲料工业办公室，南昌 330046）

摘　要：本试验旨在研究给妊娠后期和哺乳期母猪补饲发酵芦笋下脚料对母猪和哺乳仔猪血清抗氧化能力、免疫功能和炎性因子含量的影响。选择 15 头膘情、胎次和预产期相近的妊娠母猪，随机分成 3 组，每组 5 个重复，每个重复 1 头猪。A（对照）、B 和 C 组母猪每头每天分别补饲 0、0.25 和 0.50 kg 发酵芦笋下脚料。试验从母猪妊娠期的第 85 天开始至产后第 21 天结束。在母猪分娩和仔猪断奶时采集母猪耳静脉血液，在仔猪 10 和 21 日龄时采集仔猪前腔静脉血液，分别测定血清指标。结果表明：1）C 组母猪在仔猪断奶时血清超氧化物歧化酶(T-SOD)活性极显著高于对照组（$P<0.01$），在母猪分娩和仔猪断奶时血清丙二醛(MDA)含量均极显著低于对照组（$P<0.01$）。B 组哺乳仔猪 10 日龄时血清 T-SOD 活性显著高于对照组（$P<0.05$），血清 MDA 含量显著低于对照组（$P<0.05$）。2）C 组母猪在母猪分娩时血清生长激素（GH）含量显著高于对照组（$P<0.05$）。3）C 组母猪在母猪分娩时血清免疫球蛋白 A（IgA）和免疫球蛋白 G（IgG）含量显著高于对照组（$P<0.05$）。4）B 和 C 组母猪血清白细胞介素–6（IL-6）含量在母猪分娩和仔猪断奶时均极显著低于对照组（$P<0.01$）。C 组母猪在仔猪断奶时血清肿瘤坏死因子–α（TNF-α）含量显著低于对照组（$P<0.05$）。C 组哺乳仔猪 10 日龄时血清 TNF-α 含量显著低于对照组（$P<0.05$）。综上，母猪每天补饲 0.50 kg 发酵芦笋下脚料可增强其抗氧化能力和免疫功能，提高 GH 含量，减少炎性反应，同时可提高仔猪的抗氧化能力，减少炎性反应的发生。

关键词：发酵芦笋下脚料；母猪；哺乳仔猪；血清指标

中图分类号：S828；S816.6

我国是芦笋生产大国，2015 年芦笋产量约为 696 万 t，芦笋下脚料产量约为 200 万 t。

收稿日期：2017-02-17

基金项目：江西省科技支撑计划项目（20142BBF60005）

作者简介：赖　涛（1993—），男，江西宜春人，硕士研究生，从事动物营养与饲料研究。E-mail: laitao2017@163.com

[*]同等贡献作者

[**]通信作者：陆　伟，研究员，硕士生导师，E-mail: lw20030508@163.com

芦笋下脚料是芦笋加工副产物，它含有丰富的维生素、多糖、必需氨基酸和生物活性物质（皂甙类和黄酮类化合物）[1-2]。研究发现，给泌乳牛羊饲喂芦笋下脚料能显著提高其产奶量和乳汁品质[3]，给育肥猪补饲芦笋下脚料能提高其日增重和饲料转化率[4]。新鲜芦笋下脚料存在难保存、粗纤维含量高和适口性差等问题，限制了其在动物生产中的广泛应用；而经过微贮处理则能有效延长新鲜芦笋下脚料的保存时间，并降低其粗纤维含量[5]。本课题组前期研究发现，芦笋下脚料经固态发酵后能提高其营养价值，改善其适口性，给妊娠后期和哺乳期母猪补饲后能增强其肠道蠕动，减少便秘并改善乳汁质量[6]。但有关饲喂发酵芦笋下脚料对母猪及其仔猪血清指标影响的研究尚未见报道。本试验通过给妊娠后期及哺乳期母猪补饲发酵芦笋下脚料，研究其对母猪和哺乳仔猪血清抗氧化指标及激素、免疫球蛋白和炎性因子含量的影响，为发酵芦笋下脚料在母猪健康养殖生产中的合理使用提供技术支持。

1　材料与方法

1.1　试验材料

发酵芦笋下脚料：将新鲜芦笋下脚料洗净后，经粉碎机粉碎至 3 cm 左右，自然晾干至手抓后指缝间无汁液流出（水分含量约为 65%）。将秸秆纤维分解剂（主要成分为酶制剂、乳化剂、益生菌等）、玉米粉和豆粕分别按 0.1%、5.0%和 5.0%的添加量搅拌均匀，然后与晾干后的芦笋下脚碎料充分混匀，最后喷洒 1.0%氯化钠溶液，再混匀。把混匀后的芦笋下脚料装于 25 kg 的发酵袋内，装至袋子的 2/3 处，尽量排除袋子里的空气，用扎带扎紧袋口，在室温条件下发酵 14 d，制成发酵芦笋下脚料，其主要营养成分及含量见表 1。

1.2　试验设计

选择 15 头中等膘情、胎龄为 2~3 胎且预产期接近（1 周之内）的“长白×大约克夏”杂种母猪，随机分成 3 组，每组 5 个重复，每个重复 1 头猪。A 组（对照组）母猪饲喂基础饲粮，B 和 C 组母猪在饲喂基础饲粮的同时每头每天分别补饲 0.25 和 0.50 kg 发酵芦笋下脚料。各组母猪每头每天的基础饲粮饲喂量相同，基础饲粮参照 NRC(1998)标准配制，基础饲粮组成及营养水平见表 2。

表 1　发酵芦笋下脚料主要营养成分及含量（风干基础）

Table 1　Main nutrient components and contents of fermented asparagus by-products (air-dry basis)

粗蛋白质 CP/%	中性洗涤纤维 NDF/%	酸性洗涤纤维 ADF/%	乳酸 LA/mmol/g	乙酸 AA/mmol/L	丙酸 PA/mmol/L	丁酸 BA/mmol/L	pH
16.83	24.33	17.21	0.21	16.70	4.17	2.14	4.12

表 2　基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 2　Composition and nutrient levels of the basal diet (air-dry basis)　　%

原料 Ingredients	含量 Content	营养水平 Nutrient levels[2)]	含量 Content
玉米 Corn	63.00	消化能 DE/（MJ/kg）	13.61
豆粕 Soybean meal	25.50	粗蛋白质 CP	16.72
小麦麸 Wheat bran	6.10	钙 Ca	0.85
豆油 Soybean oil	2.00	总磷 TP	0.66
赖氨酸 Lys	0.38	有效磷 AP	0.35
石粉 Limestone	0.50	赖氨酸 Lys	0.93
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.27	蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.70
食盐 NaCl	0.25	苏氨酸 Thr	0.73
预混料 Premix[1)]	1.00	色氨酸 Try	0.20

[1)]预混料为每千克饲粮提供 Premix provided the following per kg of the diet：VK_3 0.08 g，VA 450 000 IU，VD 60 000 IU，VE 3 000 IU，VB_1 0.13 g，VB_2 0.32 g，VB_6 0.15 g，VB_{12} 0.09 g，烟酸 niacin 1.2 g，泛酸 pantothenic acid 1.0 g，Zn 0.46 g，Fe 0.3 g，Mn 0.03 g，Cu 0.06 g。

[2)] 消化能和有效磷为计算值，其余为实测值。DE and AP were calculated values, while the others were measured values.

1.3　饲养管理

试验于江西新余市姚于镇万佳猪场进行。正式试验从母猪妊娠期的第 85 天开始至产后第 21 天结束，试验期间记录各组仔猪的死亡头数，在仔猪初生和 21 日龄早晨分别对哺乳仔猪进行空腹称重。发酵芦笋下脚料每天分 2 次饲喂，饲喂 2 h 后再饲喂全价饲粮。正式试验开始前先进行 7 d 的预备试验，其余饲养管理和防疫等按猪场的正常程序进行。

1.4　样品采集

母猪血样：分别于母猪分娩后 24 h 内和断奶当天 08：00 空腹采血。采用耳缘静脉采血 5 mL，4 ℃静置 30 min、3 000 r/min 离心 15 min 后吸取血清，分装于 0.5 mL 离心管后，于 –20 ℃冷冻保存待测。

仔猪血样：分别于仔猪 10 和 21 日龄 08：00 空腹采集健康、体重相近仔猪的前腔静脉血液，方法与母猪血样同。

1.5 测定指标与方法

血清免疫球蛋白[免疫球蛋白 A(immunoglobulin A，IgA)、免疫球蛋白 G（immunoglobulin G，IgG）、免疫球蛋白 M（immunoglobulin M，IgM)]、炎性因子[白细胞介素–1β(interleukin-1β，IL-1β)、白细胞介素–6（interleukin-6，IL-6）、肿瘤坏死因子–α（tumor necrosis factor-α，TNF-α)]和激素[生长激素(growth hormone，GH)、胰岛素（insulin，INS)]含量均采用酶联免疫法测定，血清总超氧化物歧化酶(total superoxide dismutase，T-SOD)活性采用羟胺法测定，血清丙二醛(malondialdehyde，MDA)含量采用硫代巴比妥酸（TBA）法测定。试剂盒均购自南京建成生物工程研究所。

1.6 数据处理与统计分析

原始数据用 Excel 2003 进行整理，采用 SPSS 17.0 软件进行单因素方差分析（one-way ANOVA），组间平均值采用 Duncan 氏多重比较法进行差异显著性检测，结果以“平均值±标准误”表示。

2 结　果

2.1 母猪补饲发酵芦笋下脚料对哺乳仔猪生长性能的影响

由表 3 可知，与对照组相比，妊娠后期母猪补饲发酵芦笋下脚料可提高仔猪平均初生体重但无显著差异(P>0.05)。与对照组相比，哺乳期母猪继续补饲发酵芦笋下脚料可提高哺乳期仔猪平均成活率(P>0.05)，从而提高 21 日龄断奶仔猪数(P>0.05)；哺乳期母猪继续补饲发酵芦笋下脚料对仔猪 21 日龄平均断奶体重无显著影响(P>0.05)。

表 3　母猪补饲不同水平发酵芦笋下脚料对哺乳仔猪生长性能的影响

Table 3　Effect of supplementary feeding of sows with different levels of fermented asparagus by-product on growth performance of suckling piglets

项目 Items	A 组 Group A	B 组 Group B	C 组 Group C
母猪头数 Number of sows	5	5	5
初产活仔数 Number of piglets born alive	47	52	46
平均初生体重 Average birth weight of piglets/kg	1.53±0.14	1.56±0.17	1.58±0.14
21 日龄断奶仔猪数 Number of weaned piglets aged at 21 days	38	47	43
21 日龄平均断奶体重 Average body weight of weaned piglets aged at 21 days/kg	6.51±0.62	6.00±0.63	6.04±0.58
哺乳期仔猪平均成活率 Average survival rate of piglets during lactation/%	83.56±7.87	91.46±4.58	94.67±3.43

同行数据肩标不同大写字母表示差异极显著(P<0.01)，不同小写字母表示差异显著（P<0.05），相同或无字母表示差异不显著（P>0.05）。下表同。

In the same row, values with different capital letter superscripts mean extremely significant difference (P<0.01), and with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference (P>0.05). The same as below.

2.2 母猪补饲发酵芦笋下脚料对母猪和哺乳仔猪血清抗氧化指标的影响

由表 4 可知，母猪分娩时，各组母猪血清 T-SOD 活性无显著差异（P＞0.05），C 组母猪血清 MDA 含量极显著低于对照组和 B 组（P＜0.01）。仔猪断奶时，C 组母猪血清 T-SOD 活性极显著高于对照组和 B 组（P＜0.01），而 C 组母猪血清 MDA 含量极显著低于对照组（P＜0.01）。哺乳仔猪 10 日龄时，与对照组相比，B 组哺乳仔猪血清 T-SOD 活性显著升高（P＜0.05），血清 MDA 含量显著降低（P＜0.05）；C 组哺乳仔猪血清 T-SOD 活性和 MDA 含量与其他 2 组均无显著差异（P＞0.05）。哺乳仔猪 21 日龄时，各组哺乳仔猪血清 T-SOD 活性和 MDA 含量均无显著差异（P＞0.05）。

表 4 母猪补饲不同水平发酵芦笋下脚料对母猪和哺乳仔猪血清抗氧化指标的影响

Table 4 Effect of supplementary feeding of sows with different levels of fermented asparagus by-product on antioxidant indexes in serum of sows and suckling piglets

项目 Items	时间 Time	A 组 Group A	B 组 Group B	C 组 Group C
母猪 Sows				
总超氧化物歧化酶	分娩 Delivery	408.09±39.64	440.5±34.80	460.11±24.43
T-SOD/(U/mL)	断奶 Weanling	220.29±17.51^{Aa}	265.60±11.55^{Aa}	323.13±18.83^{Bb}
丙二醛	分娩 Delivery	6.36±0.57^{Bb}	5.69±0.10^{Bb}	4.38±0.30^{Aa}
MDA/(nmol/mL)	断奶 Weanling	4.26±0.20^{Bb}	3.82±0.09^{AaBb}	3.56±0.15^{Aa}
哺乳仔猪 Suckling piglets				
总超氧化物歧化酶	10 日龄 Aged at 10 days	197.78±14.71^{a}	280.38±14.58^{b}	242.92±21.27^{ab}
T-SOD/(U/mL)	21 日龄 Aged at 21 days	336.27±12.84	342.15±12.58	303.53±14.89
丙二醛	10 日龄 Aged at 10 days	9.41±0.17^{b}	8.52±0.23^{a}	8.95±0.14^{ab}
MDA/(nmol/mL)	21 日龄 Aged at 21 days	8.38±0.26	8.15±0.24	8.01±0.51

2.3 母猪补饲发酵芦笋下脚料对母猪和哺乳仔猪血清激素含量的影响

由表 5 可知，母猪分娩时，C 组母猪血清 GH 含量显著高于对照组（P<0.05），B 组母猪血清 GH 含量与对照组无显著差异（P>0.05）；仔猪断奶时，各组母猪血清 GH 含量无显著差异（P>0.05）。各组母猪血清 INS 含量在母猪分娩和仔猪断奶时均无显著差异（P>0.05）。各组哺乳仔猪 10 和 21 日龄时血清 GH 和 INS 含量均无显著差异（P>0.05）。

表 5　母猪补饲不同水平发酵芦笋下脚料对母猪和哺乳仔猪血清激素含量的影响

Table 5　Effect of supplementary feeding of sows with different levels of fermented asparagus by-product on the contents of hormones in serum of sows and suckling piglets

项目 Items	时间 Time	A 组 Group A	B 组 Group B	C 组 Group C
母猪 Sows				
生长激素	分娩 Delivery	2.97±0.14^{a}	3.34±0.37^{ab}	3.84±0.18^{b}
GH/(ng/mL)	断奶 Weanling	2.59±0.17	2.63±0.19	3.13±0.29
胰岛素	分娩 Delivery	21.4±5.09	30.5±4.83	34.98±4.05
INS/(mIU/L)	断奶 Weanling	14.72±1.16	19.93±2.81	23.64±5.49

哺乳仔猪 Suckling piglets				
生长激素	10 日龄 Aged at 10 days	1.92±0.05	1.86±0.05	2.04±0.07
GH/(ng/mL)	21 日龄 Aged at 21 days	1.77±0.12	2.04±0.03	1.86±0.15
胰岛素	10 日龄 Aged at 10 days	12.11±0.52	11.39±0.36	11.18±0.79
INS/(mIU/L)	21 日龄 Aged at 21 days	10.48±0.57	11.56±0.44	11.31±0.58

2.4 母猪补饲发酵芦笋下脚料对母猪和哺乳仔猪血清免疫球蛋白含量的影响

由表 6 可知，母猪分娩时，C 组母猪血清 IgA 含量显著高于对照组（P<0.05），血清 IgG 含量显著高于对照组和 B 组（P<0.05）；B 组血清 IgA、IgG 和 IgM 含量与对照组均无显著差异（P>0.05）。仔猪断奶时，各组母猪血清 IgA、IgG 和 IgM 含量均无显著差异（P>0.05）。各组哺乳仔猪 10 和 21 日龄血清 IgA、IgG 和 IgM 含量均无显著差异（P>0.05）。

表 6 母猪补饲不同水平发酵芦笋下脚料对母猪和哺乳仔猪血清免疫球蛋白含量的影响

Table 6 Effect of supplementary feeding of sows with different levels of fermented asparagus by-product on the contents of immunoglobulins in serum of sows and suckling piglets

mg/mL

项目 Items	时间 Time	A 组 Group A	B 组 Group B	C 组 Group C
母猪 Sows				
免疫球蛋白 A IgA	分娩 Delivery	1.01±0.08[a]	1.19±0.16[ab]	1.42±0.06[b]
	断奶 Weanling	0.93±0.05	1.03±0.13	1.24±0.16
免疫球蛋白 G IgG	分娩 Delivery	4.02±0.19[a]	3.85±0.35[a]	4.95±0.26[b]
	断奶 Weanling	6.04±0.33	5.85±0.32	5.48±0.22
免疫球蛋白 M IgM	分娩 Delivery	0.47±0.04	0.44±0.03	0.54±0.04
	断奶 Weanling	0.48±0.06	0.62±0.08	0.67±0.04
哺乳仔猪 Suckling piglets				
免疫球蛋白 A IgA	10 日龄 Aged at 10 days	0.50±0.02	0.51±0.02	0.55±0.03

	21 日龄 Aged at 21 days	0.56±0.01	0.59±0.02	0.63±0.04
免疫球蛋白 G IgG	10 日龄 Aged at 10 days	3.14±0.22	2.80±0.21	3.25±0.16
	21 日龄 Aged at 21 days	4.27±0.30	4.06±0.26	3.98±0.27
免疫球蛋白 M IgM	10 日龄 Aged at 10 days	0.21±0.02	0.20±0.01	0.22±0.01
	21 日龄 Aged at 21 days	0.28±0.03	0.27±0.02	0.25±0.02

2.5 母猪补饲发酵芦笋下脚料对母猪和哺乳仔猪血清炎性因子含量的影响

由表 7 可知，母猪分娩时，各组母猪血清 IL-1β 含量无显著差异（P>0.05）；仔猪断奶时，C 组母猪血清 IL-1β 含量最低，显著低于 B 组（P<0.05），但与对照组相比无显著差异（P>0.05）。B 和 C 组母猪血清 IL-6 含量在母猪分娩和仔猪断奶时均无显著差异（P>0.05），但均极显著低于同时间点的对照组（P<0.01）。母猪分娩时，各组母猪血清 TNF-α 含量无显著差异（P>0.05）；仔猪断奶时，C 组母猪血清 TNF-α 含量显著低于对照组（P<0.05），B 组母猪血清 TNF-α 含量与对照组相比无显著差异（P>0.05）。哺乳仔猪 10 日龄时，B 组哺乳仔猪血清 TNF-α 含量与对照组相比无显著差异（P>0.05），但显著高于 C 组（P<0.05）；哺乳仔猪 21 日龄时，各组哺乳仔猪血清 TNF-α 含量无显著差异（P>0.05）。各组哺乳仔猪 10 和 21 日龄血清 IL-6 和 IL-1β 含量均无显著差异（P>0.05）。

表 7 母猪补饲不同水平发酵芦笋下脚料对母猪和哺乳仔猪血清炎性因子含量的影响

Table 7 Effect of supplementary feeding of sows with different levels of fermented asparagus by-product on the contents of inflammatory factors in serum of sows and suckling piglets

项目 Items	时间 Time	A 组 Group A	B 组 Group B	C 组 Group C
母猪 Sows				
白细胞介素-1β IL-1β/(U/mL)	分娩 Delivery	37.09±2.24	35.08±3.85	31.12±2.03
	断奶 Weanling	32.36±2.54^{ab}	35.54±3.78^{b}	24.51±1.48^{a}
白细胞介素-6	分娩 Delivery	270.68±26.11^{Bb}	174.50±16.25^{Aa}	123.49±15.42^{Aa}

IL-6/(nmol/L)	断奶 Weanling	196.10±11.20[Bb]	153.38±11.42[Aa]	139.95±8.07[Aa]
肿瘤坏死因子–α TNF-α/(ng/L)	分娩 Delivery	184.68±18.18	194.68±24.06	176.62±18.19
	断奶 Weanling	205.04±10.89[b]	181.50±25.97[ab]	138.56±17.96[a]
哺乳仔猪 Suckling piglets				
白细胞介素–1β IL-1β/(U/mL)	10 日龄 Aged at 10 days	16.63±0.57	16.98±0.73	19.07±1.14
	21 日龄 Aged at 21 days	15.60±0.88	16.45±1.20	16.28±1.45
白细胞介素–6 IL-6/(nmol/L)	10 日龄 Aged at 10 days	98.57±5.87	102.88±3.20	106.33±4.49
	21 日龄 Aged at 21 days	100.59±2.77	95.76±4.86	102.99±1.41
肿瘤坏死因子–α TNF-α/(ng/L)	10 日龄 Aged at 10 days	134.79±6.45[b]	129.25±7.83[b]	107.53±7.31[a]
	21 日龄 Aged at 21 days	142.61±4.76	126.60±8.60	137.72±4.69

3 讨 论

3.1 母猪补饲发酵芦笋下脚料对断奶仔猪数的影响

母猪年产断奶仔猪数是衡量现代猪场生产成绩最常用和最重要的指标之一，也是衡量猪场经济效益的主要指标，断奶仔猪数越多，猪场所获得的经济效益越高。提高哺乳仔猪成活率是提高断奶仔猪数的重要措施之一，而哺乳仔猪抗病力的高低直接影响到哺乳仔猪的成活率。研究表明，提高哺乳母猪乳汁中免疫球蛋白含量对增强哺乳仔猪的抗病力有重要作用，而给哺乳母猪补饲发酵芦笋下脚料能有效提高母猪初乳和常乳中免疫球蛋白含量并降低乳汁中促炎因子的含量[6]。当哺乳仔猪吮吸免疫球蛋白含量高的乳汁后，有助于提高仔猪对疾病的抵抗力，从而提高其成活率，这是本试验中母猪补饲发酵芦笋下脚料能有效提高断奶仔猪数的重要原因之一。

3.2 母猪补饲发酵芦笋下脚料对母猪和哺乳仔猪血清抗氧化指标的影响

T-SOD 和 MDA 是反映机体抗氧化能力的生化标志物。T-SOD 是机体内重要的抗氧化酶，可以清除机体产生的内源性自由基，减少机体组织细胞由于自由基的作用所产生的伤害。MDA 会攻击细胞生物膜上的不饱和脂肪酸，导致脂质过氧化作用的产生，对细胞具有毒性。

研究表明，芦笋多糖对自由基有较强的清除作用，在大鼠血清、细胞和细胞器等水平上都有较好的抗氧化活性[7]。芦笋黄酮能够保护 T-SOD，防止其失活[8]，降低 MDA 含量[9]，对损伤的组织和细胞起到修复作用[10]。芦笋笋基乙醇提取物能够显著提高小鼠血清 T-SOD 活性，高剂量可降低血清 MDA 含量[11]。与对照组相比，补饲发酵芦笋下脚料的母猪乳汁中 T-SOD 活性显著升高，MDA 含量有下降趋势，而乳汁中的抗氧化物质主要来自于血液[6]。本试验结果显示，每头母猪每天补饲 0.50 kg 的发酵芦笋下脚料，能极显著提高断奶时母猪血清 T-SOD 活性，极显著降低分娩和断奶时母猪血清 MDA 含量，说明补饲发酵芦笋下脚料能够提高母猪机体的抗氧化能力。母猪血清中的抗氧化物质能够转运到乳汁，而乳汁中抗氧化物质的含量可能会影响仔猪的抗氧化能力。毛春瑕等[6]研究发现，补饲发酵芦笋下脚料能够显著提高母猪乳汁 T-SOD 活性，乳汁 MDA 含量有下降趋势。本试验结果显示，每头母猪每天补饲 0.25 kg 发酵芦笋下脚料，10 日龄哺乳仔猪血清 T-SOD 活性显著高于对照组，血清 MDA 含量显著低于对照组，说明给母猪补饲发酵芦笋下脚料能同时提高母猪和哺乳仔猪的抗氧化能力。

3.3 母猪补饲发酵芦笋下脚料对母猪和哺乳仔猪血清激素含量的影响

GH 能促进三大营养物质的代谢，提高机体对饲粮养分的吸收能力[12]。提高猪体内 GH 含量可显著提高猪的增重和母猪的泌乳量[13]。芦丁具有弱雌激素作用，雌激素可以通过调节 GH 等激素的分泌来发挥间接作用[14]。乳源性 INS 能够刺激新生仔猪小肠生长并影响到小肠的组织形态[15]。研究发现，给母猪补饲发酵芦笋下脚料对乳汁中 GH 和 INS 含量无显著影响[6]。本试验结果表明，C 组母猪分娩时血清 GH 含量显著高于对照组，说明每头母猪每天补饲 0.50 kg 发酵芦笋下脚料促进了母猪体内 GH 的产生。这可能与母猪分娩时芦笋黄酮发挥了弱雌激素功能，从而提高了母猪体内 GH 含量有关。但各组哺乳仔猪 10 和 21 日龄时血清 GH 和 INS 含量均无显著差异，这可能是由于母猪补饲发酵芦笋下脚料后并没有改变母猪乳汁 GH 和 INS 含量。

3.4 母猪补饲发酵芦笋下脚料对母猪和哺乳仔猪血清免疫球蛋白含量的影响

免疫球蛋白有抗体活性，广泛存在于细胞内液和外分泌液中。免疫球蛋白可以与体内病原微生物结合，从而清除体内病原体，减少病原体对机体的伤害。IgG 是一种重要的免疫球蛋白，约占机体免疫球蛋白总量的 75%[16]，具有中和细菌、抗病毒和增强机体免疫细胞对

病原体的吞噬等作用，对维护动物体健康起着重要的作用。已有研究表明，芦笋植株中含有皂苷和多糖等多种能增强动物机体免疫功能的物质[8,17-18]。本试验结果表明，C 组母猪分娩时血清 IgA 和 IgG 含量均显著高于对照组，说明每头母猪每天补饲 0.50 kg 发酵芦笋下脚料能提高母猪血清免疫球蛋白含量，加强母猪对病原微生物的抵抗作用。

3.5　母猪补饲发酵芦笋下脚料对母猪和哺乳仔猪血清炎性因子含量的影响

IL-1β、IL-6 和 TNF-α 是 3 种重要的白细胞介素。IL-1β 主要由巨噬细胞产生，B 淋巴细胞和自然杀伤（NK）细胞等也能产生，促进抗体形成抗原递呈。IL-6 能刺激 B 细胞产生抗体，诱导 T 细胞增殖和分化并参与机体的免疫应答，是炎性反应的促发剂。TNF-α 是炎性反应过程中重要的炎性介质，由单核细胞和巨噬细胞产生。蔡春水等[19]研究发现，机体补充黄酮类物质能改善机体的炎性反应，降低血清中促炎性因子的含量，对机体的健康有积极的影响。芦笋提取物可提高小鼠的细胞免疫能力，提高 NK 细胞活性[20]。芦笋黄酮可以缓解炎性反应[21]。本试验结果表明，B 和 C 组母猪血清 IL-6 含量在分娩和断奶时均极显著低于对照组，C 组母猪断奶时血清 TNF-α 含量显著低于对照组，表明补饲发酵芦笋下脚料能降低母猪血清炎性因子含量。

4　结　论

①　每头母猪每天补饲 0.50 kg 发酵芦笋下脚料，能显著提高断奶时母猪血清 T-SOD 活性和分娩时母猪血清 GH、IgA 和 IgG 含量，显著降低分娩和断奶时母猪血清 MDA、IL-6 含量和断奶时母猪血清 TNF-α 含量。

②　每头母猪每天补饲 0.25 kg 发酵芦笋下脚料，能显著提高 10 日龄哺乳仔猪血清 T-SOD 活性，显著降低哺乳仔猪血清 MDA 含量；每头母猪每天补饲 0.50 kg 发酵芦笋下脚料，能显著降低 10 日龄哺乳仔猪血清 TNF-α 含量。

参考文献：

[1] SHAO Y,POOBRASERT O,KENNELLY E J,et al.Steroidal saponins from *Asparagus officinalis* and their cytotoxic activity[J].Planta Medica,1997,63(3):258–262.

[2] 高文庚,王红,武爱国.芦笋罐头加工下脚料营养成分分析[J].中国农村小康科技,2007(1):73–75.

[3] 石传林,冯业涛,秦亮.利用芦笋加工下脚料饲喂泌乳牛的效果[J].饲料博览,2001(2):22–23.

[4] 马玉胜.芦笋下脚料饲喂生长育肥猪的试验效果[J].饲料工业,1996(12):37–38.

[5] 练小华,谢益根,罗垂杨,等.对芦笋下脚料微贮效果的影响研究[J].江西畜牧兽医杂志,2016(3):29–31.

[6] 毛春瑕,石显亮,何余湧,等.补饲发酵芦笋下脚料对母猪粪便形态和乳汁质量的影响[J].动物营养学报,2016,28(6):1867–1876.

[7] 李姣,王珂,王瑞坡,等.芦笋多糖提取纯化工艺及其体外抗氧化研究[J].食品科学,2011,32(8):65–69.

[8] 李娟,王凤山.芦笋多糖的研究进展[J].中国生化药物杂志,2009,30(3):215–217.

[9] 董孝元,方冬芬,杨梅,等.纤维素酶辅助提取芦笋黄酮及其抗氧化活性分析[J].食品科学,2014,35(6):17–23.

[10] 刘国强.芦笋黄酮对 *D*-半乳糖衰老小鼠的抗氧化作用研究[D].硕士学位论文.济南:山东师范大学,2008.

[11] 张盼.芦笋笋基营养成分及活性研究[D].硕士学位论文.南昌:南昌大学,2012.

[12] 欧阳菁,龙綮新,杨林,等.猪生长激素研究进展[J].生物技术通讯,2001,12(2):140–143,160.

[13] 张永红,唐芬芬,邵榆岚,等.重组猪生长激素表达研究进展[J].生物技术进展,2014,4(3):165–170.

[14] 张荣庆,韩正康,陈杰,等.大豆黄酮对母猪免疫功能和血清及初乳中 GH、PRL、SS 水平的影响[J].动物学报,1995,41(2):201–206.

[15] 霍永久,王恬,许若军.乳源性胰岛素对新生仔猪肠道生长和组织形态学的影响[J]. 家畜生态学报, 2006, 27(5):42-45. [16] 孟腾飞,韩愈杰,王敬,等.猪血清免疫球蛋白 IgG 的分离纯化及抗大肠杆菌作用[J].饲料工业,2015,36(7):34–37.

[17] 李冬华,袁瑞荣,孙燕,等.中药芦笋的实验和临床研究 Ⅰ 、芦笋抗肿瘤作用和免疫调节功能的初步实验研究[J].中国临床药理学杂志,1988,4(1):32–39.

[18] GAUTAM M,DIWANAY S,GAIROLA S,et al.Immunoadjuvant potential of *Asparagus racemosus* aqueous extract in experimental system[J].Journal of Ethnopharmacology,2004,91(2/3):251–255.

[19] 蔡春水,肖平,张毅,等.骨碎补总黄酮对巨噬细胞分泌细胞因子TNF-α、IL-6水平的影响[J].中国矫形外科杂志,2006,14(15):1185–1187.

[20] 杨勤,庄宗杰,吴锦忠,等.芦笋对小鼠细胞免疫机能的影响[J].贵阳医学院学报,1994,19(S1):172–173.

[21] 朱立华.芦笋(*Asparagus officinalis* Linne)类黄酮抗炎症作用研究[D].硕士学位论文.济南:山东师范大学,2007.

Effects of Supplementary Feeding of Sows with Fermented Asparagus By-Product on Antioxidant Capacity, Immune Function and Contents of Inflammatory Factors in Serum of Sows and Suckling Piglets

LAI Tao[1] WEN Hong[2*] SHI Xianliang[1] LI Lingyu[1] HE Yuyong[1] LU Wei[1**]

（1. *Jiangxi Province Key Lab of Animal Nutrition*, *Jiangxi Agricultural University*, *Nanchang* 330045, *China*; 2. *Jiangxi Province Feed Industry Office, Nanchang* 330046, *China*）

Abstract：This study was conducted to investigate the effects of supplementary feeding of sows with fermented asparagus by-product on antioxidant capacity, immune function and the contents of inflammatory factors in serum of sows and suckling piglets from late-pregnancy to the end of lactation. Fifteen pregnant sows with similar body condition, parity and parturition time were randomly assigned to three groups with five replicates per group and one sow per replicate. Sows were fed a basal diet supplemented with 0, 0.25 and 0.50 kg fermented asparagus by-product each day in groups A, B and C, respectively. The experiment lasted from day 85 after pregnancy to day 21 after delivery. Blood samples of sows were collected from the auricular vein at the time of sows delivery and piglets weaning, and blood samples of suckling piglets aged at 10 and 21 days were collected from anterior vena cava, and serum indexes were measured, respectively. The results showed as follows: 1) the activity of superoxide dismutase (T-SOD) in serum of sows in group C was significantly higher than that in control group at piglets weaning (P<0.01), and the

*Contributed equally

**Corresponding author, professor, E-mail: lw20030508@163.com （责任编辑　李慧英）

content of malondialdehyde (MDA) in serum in group C was significantly lower than that in control group at sows delivery and piglets weaning (P<0.01). The activity of T-SOD in serum of suckling piglets aged at 10 days in group B was significantly higher than that in control group (P<0.05), and the content of MDA in serum in group B was significantly lower than that in control group (P<0.05). 2) The content of growth hormone (GH) in serum of sows in group C was significantly higher than that in control group at sows delivery (P<0.05). 3) The contents of immunoglobulin A (IgA) and immunoglobulin G (IgG) in serum of sows in group C were significantly higher than those in control group at sows delivery (P<0.05). 4) The content of interleukin-6 (IL-6) in serum of sows in groups B and C was significantly lower than that in control group at sows delivery and piglets weaning (P<0.01). The content of tumor necrosis factor-α (TNF-α) in serum of sows in group C was significantly lower than that in control group at piglets weaning (P<0.05). The content of TNF-α in serum of suckling piglets aged at 10 days in group C was significantly lower than that in control group (P<0.05). It is concluded that supplementary feeding sows with 0.50 kg fermented asparagus by-product each day can improve antioxidant capacity and immune function, increase GH content and decrease the inflammatory response of sows, meanwhile, increase antioxidant capacity and decrease inflammatory response of piglets.

Key words: fermented asparagus by-product; sows; suckling piglets; serum indexes